

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

11.11.03

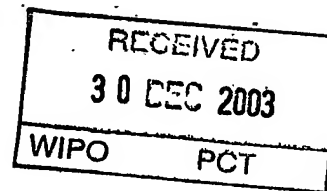
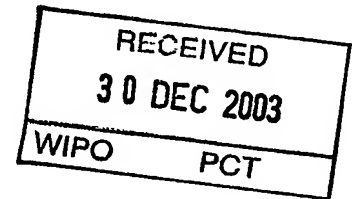
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 4月14日

出願番号
Application Number: 特願2003-108543
[ST. 10/C]: [JP 2003-108543]

出願人
Applicant(s): 住友金属鉱山株式会社

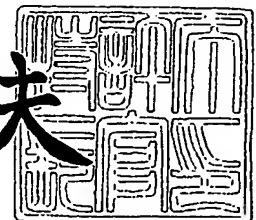


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年12月12日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 03-014

【提出日】 平成15年 4月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 5/30

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 1 - 6 - 1 住友金属鉱山株式会社
電子事業本部内

【氏名】 岸本 俊樹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 1 - 6 - 1 住友金属鉱山株式会社
電子事業本部内

【氏名】 中村 宣夫

【特許出願人】

【識別番号】 000183303

【住所又は居所】 東京都 港区 新橋 5丁目 11番 3号

【氏名又は名称】 住友金属鉱山株式会社

【代表者】 福島 孝一

【電話番号】 03-3436-7781

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026055

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 広帯域光アイソレータ素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

広帯域で高いアイソレーションを確保するために用いる光アイソレータにおいて、一枚のガラス偏光子の表裏面に、それぞれフォトニック結晶付き磁気光学素子を磁気光学素子面がガラス偏光子表面に張り付けられたセミダブル型光アイソレータ用チップと、磁石とからなり、基板上にセミダブル型光アイソレータ用チップが接合され、該セミダブル型光アイソレータ用チップの磁気光学素子に飽和磁界を与えうる磁石が、飽和磁界を与えうる基板上の位置に接合されて構成されることを特徴とする広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

【請求項 2】

セミダブル型光アイソレータ用チップを二つの磁石で挟むようにして構成したことを特徴とする請求項 1 記載の広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

【請求項 3】

磁石として一個の凹状磁石を用い、該磁石の凹部内にセミダブル型光アイソレータ用チップが入るように配置されたことを特徴とする請求項 1 記載の広帯域用セミダブル型光アイソレータ。

【請求項 4】

請求項 1～3 の広帯域用セミダブル型光アイソレータに用いるフォトニック結晶付き磁気光学素子であり、磁気光学素子と、その片面に設けられたフォトニック結晶とから主として構成されるフォトニック結晶付き磁気光学素子。

【請求項 5】

フォトニック結晶が、周期的な溝あるいは線状突起列に、透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら、交互に積層させて得たものである請求項 4 記載のフォトニック結晶付き磁気光学素子。

【請求項 6】

フォトニック結晶が、リソグラフィにより周期的な溝を形成させて得たものである請求項 4 記載のフォトニック結晶付き磁気光学素子。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は光通信や計測等に使う広帯域用光アイソレータに関する。

【0002】**【従来の技術】**

光通信や計測等に半導体レーザー素子を使用するに際しては、該半導体レーザー素子より出射される光の反射による戻り光が該半導体レーザー素子に入射すると半導体レーザー素子の発振が不安定になることは良く知られている。これを防止するために磁気光学素子と偏光子と磁石とから主として構成される光アイソレータが用いられている。なお、一般に光アイソレータとして戻り光を防止する性能、すなわちアイソレーションとしては、通常35 dB以上の能力が望まれている。

【0003】

ところで、近年の波長多重方式による伝送では、単一波長での特性の確保のみではなく多重化された波長帯域全体で所望の特性を確保することが必要となってきた。多重化された波長帯域全体で使用する光アイソレータは従来の単一波長用のシングルタイプ用光アイソレータとは異なり広帯域用光アイソレータと称されている。広帯域用光アイソレータの例として図6に示すものがある。図6に示された広帯域用光アイソレータはセミダブルタイプ光アイソレータと称されるものであり、光の通過方向に偏光子、磁気光学素子、偏光子、磁気光学素子、偏光子の順に基板に接着剤や半田等により接合し、これらの両脇に二つの磁石を配して磁気光学素子に飽和磁界以上の磁界をかけることができるように構成されている。

【0004】

こうした広帯域用光アイソレータに用いられる磁気光学素子としては、希土類元素とビスマスを含む鉄ガーネットなどの単結晶が多用されている。磁気光学素子の厚みは、飽和磁界以上の磁界中に設置された磁気光学素子に入射した偏光の偏光面が45°回転して出射するように調整されている。

【0005】

こうした広帯域用光アイソレータにおいても、通信容量を増大させるために通信機の大きさを増すことなく、発信される情報を極力多くすることが望まれる。そのため、同じ大きさの通信機内に組み込まれる光源モジュールを小型化して組み込み数を増加させる試みがなされている。その中に用いられる光アイソレータも小型化や低コストが望まれるのは当然である。

【0006】

小型化や低コスト化を実現する方法として、大面積 ($10 \times 10 \text{ mm}$ 以上) のガラス偏光子を磁気光学素子の両面に接着剤で張り合わせ、その後所望のサイズに切断して用いることが従来行われてきた。しかし、用いるガラス偏光子のサイズが最大でも $15 \times 15 \text{ mm}$ 程度であることと、このガラス偏光子が高価であることなどにより未だに十分なコスト低減化が実現されているとはいえない。また、量産の観点からは、ガラス偏光子を磁気光学素子に張り合わせる場合、用いるガラス偏光子の厚みは通常約 0.2 mm 、磁気光学素子の厚みは約 0.4 mm であるから3枚の偏光子と2枚の磁気光学素子を張り合わせると 1.4 mm になる。これらを張り合わせたものを例えば $0.5 \times 0.5 \text{ mm}$ といった小さなサイズに切断すると厚みの方が長くなり、切断の際にチップ飛びが生じやすくなること、1枚1枚を張り合わせるために、張り合わせ方のばらつきが生じることから、チップとしての歩留まりが悪くなり、低コスト化が実現できないという問題がある。

【0007】

こうした問題を解決すべくサイズ制限のあるガラス偏光子に代わり、フォトリック結晶を用いた偏光分離素子の開発も行われている。フォトリック結晶とは、高屈折率媒質と低屈折率媒質から成る人工的な周期構造体で、互いに直交する2つの直線偏波が入射した時、それぞれが独立に周波数と波動ベクトルの関係を持つため、バンドギャップ、すなわち、フォトンの状態密度が零となる周波数帯域も、それぞれの偏光に固有となり、ある周波数帯域において、一方の偏光に対する状態密度が零であり、他方の偏光に対する状態密度が零にならない場合が実現でき、この周波数帯域において偏光分離素子として利用できるものである。すなわち、この周期構造体は、一方の偏光を反射し、他方の偏光を、波動ベクトルを

保存しながら透過させる。

【0008】

実際にフォトリソグラフィを用いた偏光分離素子（偏光子）の特性として、消光比として45 dBを得るものが紹介されている（非特許文献1参照）。これは、25 dB程度が一般的なPBSであることを考慮すると、はるかに特性の優れたものといえる。

【0009】

フォトリソグラフィを用いた偏光分離素子の製造方法は、例えば、フォトリソグラフィ法（特許文献1参照）や基板に微細構造をあらかじめ形成し、周期構造を積層させる方法（特許文献2参照）などが報告されている。しかし、これまでの報告は、用途があくまで偏光分離素子として限定しているため、周期構造を形成させる基板としてガラスを用いている（特許文献2 実施例1参照）。そのため、フォトリソグラフィを用いた磁気光学デバイスは、磁気光学素子、具体的にはファラデー回転子と偏光分離素子は別々にデバイスの中に組み立てられている（特許文献3 実施例1及び2参照）。

【0010】

フォトリソグラフィを用いた偏光分離素子と磁気光学素子とを一体化する手法として、接着剤等で貼り合わせる方法は従来偏光ガラスを張っていたことから容易に推定できるが、この方法では、張り合わせ後、切断して得られるチップの厚みが厚くなってしまいうという欠点は克服されない。

【0011】

【非特許文献1】

O plus E ((株)新技術コミュニケーションズ発行) の1999年12月号1557
ページ右段10～15行目

【特許文献1】

米国特許6309580号公報

【特許文献2】

特許3288976号公報

【特許文献3】

特開 2000-241762 号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、フォトニック結晶を用いて、ばらつきが無く大量生産に適したセミダブルタイプの広帯域用光アイソレータの提供を目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決する本第1の発明は、基板と、一枚のガラス偏光子の表裏面に、それぞれフォトニック結晶付き磁気光学素子を磁気光学素子面がガラス偏光子表面に張り付けられたセミダブル型光アイソレータ用チップと、磁石とからなり、基板上にセミダブル型光アイソレータ用チップが接合され、該セミダブル型光アイソレータ用チップの磁気光学素子に飽和磁界を与えうる磁石が、飽和磁界を与えうる基板上の位置に接合されて構成される広帯域用セミダブル型光アイソレータである。

【0014】

本発明において、磁石として一個の凹状磁石を用いる場合、磁石の凹部内にセミダブル型光アイソレータ用チップが入るように配置する。

【0015】

また、二つの磁石を用いる場合には、セミダブル型光アイソレータ用チップの左右にそれぞれの磁石を配置する。

【0016】

本第2の発明は、本第1の発明に用いるフォトニック結晶付き磁気光学素子であり、磁気光学素子の片面に設けられたARコートの上にフォトニック結晶が設けられたものである。

【0017】

また、フォトニック結晶は、周期的な溝あるいは線状突起列に、透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら、交互に積層させて得たものでも良く、リソグラフィにより周期的な溝を形成させて得たものでも良い。

【0018】

【発明の実施の形態】

本発明者らは、前記課題を解決すべく種々の検討をした結果、磁気光学素子の表面に直接、フォトニック結晶を形成することにより、磁気光学素子の表面に偏光子を直接構成できること、こうすることにより従来の偏光子を起因とするサイズの制限なく、小型の広帯域光アイソレータを量産できることを見出した。

【0019】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。なお、本発明の磁気光学素子表面に形成された偏光子は、直交する2偏光の一方を透過させ、他方を反射させることができる。本発明で用いるフォトニック結晶は、周期的な溝あるいは線状突起列に、透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら、交互に積層させて形成するものでも良く、リソグラフィにより周期的な溝を形成するものであっても良い。ここでは後者の方法を用いた例を示す。

【0020】

まず、図1を用いてフォトニック結晶付き磁気光学素子の作製方法について説明する。まず磁気光学素子（Bi置換希土類鉄ガーネット）を用意し、片面に作成するフォトニック結晶用のARコート（SiO₂を最上層に持った多層膜）を施す。他面には、対接着剤用のARコートを施す。

【0021】

その後、フォトニック結晶に対するARコートを施した表面に蒸着法によりSiO₂の層を形成する。次に、SiO₂層の上にレジスト層を形成し、次にリソグラフィ（インプリントも含む）により、所望の間隔の周期的な溝のマスクを形成する。マスクの存在しないSiO₂露出部をエッチングし、所定の深さの溝を形成し、マスクを除去後、SiO₂の溝表面とファラデー回転子表面に対空気用ARコートを施してフォトニック結晶付き磁気光学素子を得る。

【0022】

本例の偏光子の構造は、リソグラフィにより周期的な溝を形成するものである。この際、溝列と平行な偏波と、それに直交する偏波に対して、TEモード、T

Mモードの光が周期構造体の内部に誘起される。しかし、光の周波数が、TEモードまたはTMモードのバンドギャップの中にあれば、そのモードは周期構造体の中で伝搬することができず、入射光は反射または回折される。一方、光の周波数がエネルギーバンド内にあれば、周期構造体の中を光は波動ベクトルを保存しながら透過する。従って面型の偏光子として動作する。なお、周期的な溝あるいは線状突起列に、透明で高屈折率の媒質と低屈折率の媒質とを界面の形状を保存しながら、交互に積層させて形成したものであっても同様な原理により面型の偏光子として動作する。

【0023】

次に、図2を用いて本発明の広帯域用セミダブル型光アイソレータの製造方法について説明する。図2に示す様に、作成した偏光子付きの磁気光学素子1枚と、吸収型ガラス偏光子とを接着剤によって張り合わせる。この際、磁気光学素子に設けられた偏光子と、吸収型ガラス偏光子は偏光が磁気光学素子で 45° 回転した後透過する様に、 45° ずらして張り合わせる。

【0024】

その後、吸収型ガラス偏光子のもう1面に、図1で得た他の偏光子付きの磁気光学素子を接着剤で張り合わせる。この際、吸収型ガラス偏光子と、磁気光学素子に設けられた偏光子は偏光が磁気光学素子で 45° 回転した後透過する様に、 45° ずらして張り合わせる。作成したウェハは、例えばフォトニック結晶付き磁気光学素子の厚み0.4mm、ガラス偏光子の厚み0.2mmで、全厚で約1.0mmとなり、従来の3枚のガラス偏光子と2枚の磁気光学素子とを用いて得られるウェハの厚み1.4mmに比べ、70%程度まで薄くなる。

【0025】

次に、作成したウェハをダイシングマシンで、0.5mm角のチップに切断し、その後、基板にチップと磁石とを接合して図3の本発明の広帯域用セミダブル型光アイソレータを得る。

【0026】

磁石として凹状のものをを用いると図4のような広帯域用セミダブル型光アイソレータとなる。

【0027】

【実施例】

次に実施例を用いて本発明をさらに説明する。

(実施例1)

従来のガラス偏光子を使用する場合に、サイズ上の制限のため使用不可能であった 20×20 mm角厚さ 0.4 mmの磁気光学素子 (Bi置換希土類鉄ガーネット) を用意し、片面に SiO_2 と Al_2O_3 とを積層して、厚さ $0.2 \mu\text{m}$ の3層構造の SiO_2 用ARコートを実施した。なお、他面には、対接着剤用の同様のARコートを施した。

【0028】

その後、 SiO_2 用ARコート面に蒸着法により厚さ $0.8 \mu\text{m}$ の SiO_2 の層を形成した。次に、 SiO_2 層の上にレジスト層を形成し、次にリソグラフィ (インプリントも含む) により、 $0.2 \mu\text{m}$ 間隔の周期的な溝のマスクを形成した。その後 SiO_2 露出部をエッチングし、深さ $0.6 \mu\text{m}$ の溝を形成し、マスクを除去後した。その後、 SiO_2 の溝表面と磁気光学素子表面に厚さ $0.2 \mu\text{m}$ の対空気用ARコートを施してフォトニック結晶付き磁気光学素子を得た。なお、このフォトニック結晶付き磁気光学素子の厚さは $0.4 \mu\text{mm}$ であった。引き続き同様にして同じ厚さのフォトニック結晶付き磁気光学素子を得た。

【0029】

次に、作成したフォトニック結晶付き磁気光学素子1枚と、厚さ 0.2 mmの吸収型ガラス偏光子とを接着剤によって張り合わせた。この際、磁気光学素子に設けられた偏光子と、吸収型ガラス偏光子は偏光が磁気光学素子で 45° 回転した後透過する様に、 45° ずらして張り合わせた。

【0030】

その後、吸収型ガラス偏光子のもう1面に、もう一つのフォトニック結晶付き磁気光学素子を接着剤で張り合わせた。この際、吸収型ガラス偏光子と、磁気光学素子に設けられた偏光子は偏光が磁気光学素子で 45° 回転した後透過する様に、 45° ずらして張り合わせた。作成したウェハは、全厚で 1.0 mmとなった。なお、これは従来の3枚のガラス偏光子と2枚の磁気光学素子とを用いて得

られるウェハの厚み 1.4 mm の 71% にすぎなかった。

【0031】

次に、作成したウェハをダイシングマシンで、0.5 mm 角のチップに切断し、その後、基板にチップと磁石とを接合し図 2 に示した広帯域用セミダブル型光アイソレータを 729 個得た。なお、従来問題であった 0.5 mm 角に起きる切断時のチップの飛びは、全厚が 71% になったため、全く飛びを起こさずに切断できた。

【0032】

無作為に 20 個の前記広帯域用セミダブル型光アイソレータを取り、光学測定を行い、従来のセミダブル型光アイソレータとの比較を行った。結果を表 1 に示した。なお、表 1 の値は平均値である。

【0033】

表 1. 従来型アイソレータとの性能比較 (1.53~1.59 μ m の波長域での値)

	本特許	従来品
挿入損失	0.51 dB	0.52 dB
アイソレーション	>40 dB	>40 dB

【0034】

結果としては、これまでガラス偏光子のサイズ制限のために不可能であったウェハから作成したアイソレータでも、従来のものと同程度の性能が得られた。

【0035】

(実施例 2)

図 5 に示すとおり、まず 20×20 mm 角のファラデー回転子を用意し、その表面の一方の面には最外層が SiO₂ である誘電体多層膜からなる対フォトリック結晶偏光子用の反射防止膜を形成した。ファラデー回転子には、Bi 置換希土類鉄ガーネットを用いた。なお、フォトリック結晶を形成する側の反射防止膜の最外層の SiO₂ 層は周期構造体を形成する際のシードとなる溝を形成することを考慮し、単なる反射防止膜として SiO₂ 層を形成する場合より膜厚を厚くした

【0036】

その後、上記SiO₂層に電子ビームリソグラフィとドライエッチングにより周期的な溝(0.4 μm)を作製した上で、その表面にアモルファスSiO₂層と、アモルファスSi層を交互に積層した。そのとき、各層の周期的な凹凸の形状を保存しながら成膜を行なった。SiO₂とSi層を、各10層ずつ堆積した後、堆積した表面に厚さ0.2 μmの対空気の反射防止膜をさらに施した。他面には、対接着剤用の同様のARコートを実施した。

【0037】

次に、作成したフォトニック結晶付き磁気光学素子1枚と、厚さ0.2 mmの吸収型ガラス偏光子とを接着剤によって張り合わせた。この際、磁気光学素子に設けられた偏光子と、吸収型ガラス偏光子は偏光が磁気光学素子で45°回転した後透過する様に、45°ずらして張り合わせた。

【0038】

その後、吸収型ガラス偏光子のもう1面に、もう一つのフォトニック結晶付き磁気光学素子を接着剤で張り合わせた。この際、吸収型ガラス偏光子と、磁気光学素子に設けられた偏光子は偏光が磁気光学素子で45°回転した後透過する様に、45°ずらして張り合わせた。作成したウェハは、全厚で1.0 mmとなった。なお、これは従来の3枚のガラス偏光子と2枚の磁気光学素子とを用いて得られるウェハの厚み1.4 mmの71%にすぎなかった。

【0039】

次に、作成したウェハをダイシングマシンで、0.5 mm角のチップに切断し、その後、基板にチップと磁石とを接合し広帯域用セミダブル型光アイソレータを729個得た。なお、従来問題であった0.5 mm角に起きる切断時のチップの飛びは、全厚が71%になったため、全く飛びを起こさずに切断できた。

【0040】

無作為に20個の前記広帯域用セミダブル型光アイソレータを取り、光学測定を行い、従来のセミダブル型光アイソレータとの比較を行った。結果を表2に示した。なお、表2の値は平均値である。

【0041】

表2. 従来型アイソレータとの性能比較 (1.53~1.59 μ mの波長域での値)

	本特許	従来品
挿入損失	0.52 dB	0.52 dB
アイソレーション	>40 dB	>40 dB

【0042】

結果としては、これまでガラス偏光子のサイズ制限のために不可能であったウェハから作成したアイソレータでも、従来のものと同程度の性能が得られた。

【0043】

【発明の効果】

本発明のフォトニック結晶による偏光子を形成した磁気光学素子2枚と、ガラス偏光子1枚を用いた、セミダブル光アイソレータは、所望のサイズの素子を大量に作製することが容易であるという特徴を備えたデバイスである。他にも光サーキュレータ、光スイッチなど工業的用途は広く、従来の磁気光学素子を置き換えることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のフォトニック結晶付き磁気光学素子の作製方法について説明する図である。

【図2】

本発明の広帯域用セミダブル型光アイソレータの製造方法について説明する図である。

【図3】

本発明の広帯域用セミダブル型光アイソレータの図である。

【図4】

磁石として凹状のものを用いた本発明例の広帯域用セミダブル型光アイソレータ

を示した図である。

【図 5】

本発明のフォトニック結晶付き磁気光学素子の作製方法について説明する図である。

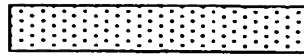
【図 6】

従来の広帯域用光アイソレータを示した図である。

【書類名】 図面

【図 1】

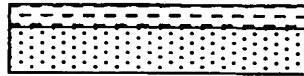
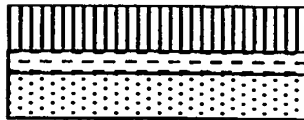
ファラデー回転子



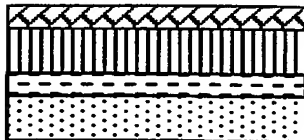
対ガラス用 AR

コート付き

ファラデー回転子

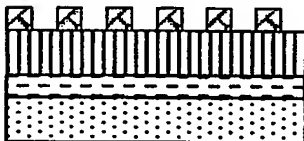
SiO₂ 層形成

レジスト形成

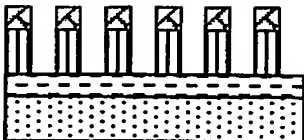


リソグラフィによる

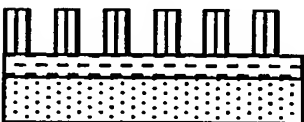
マスク形成



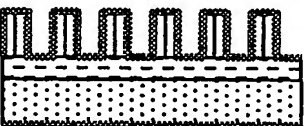
エッチング



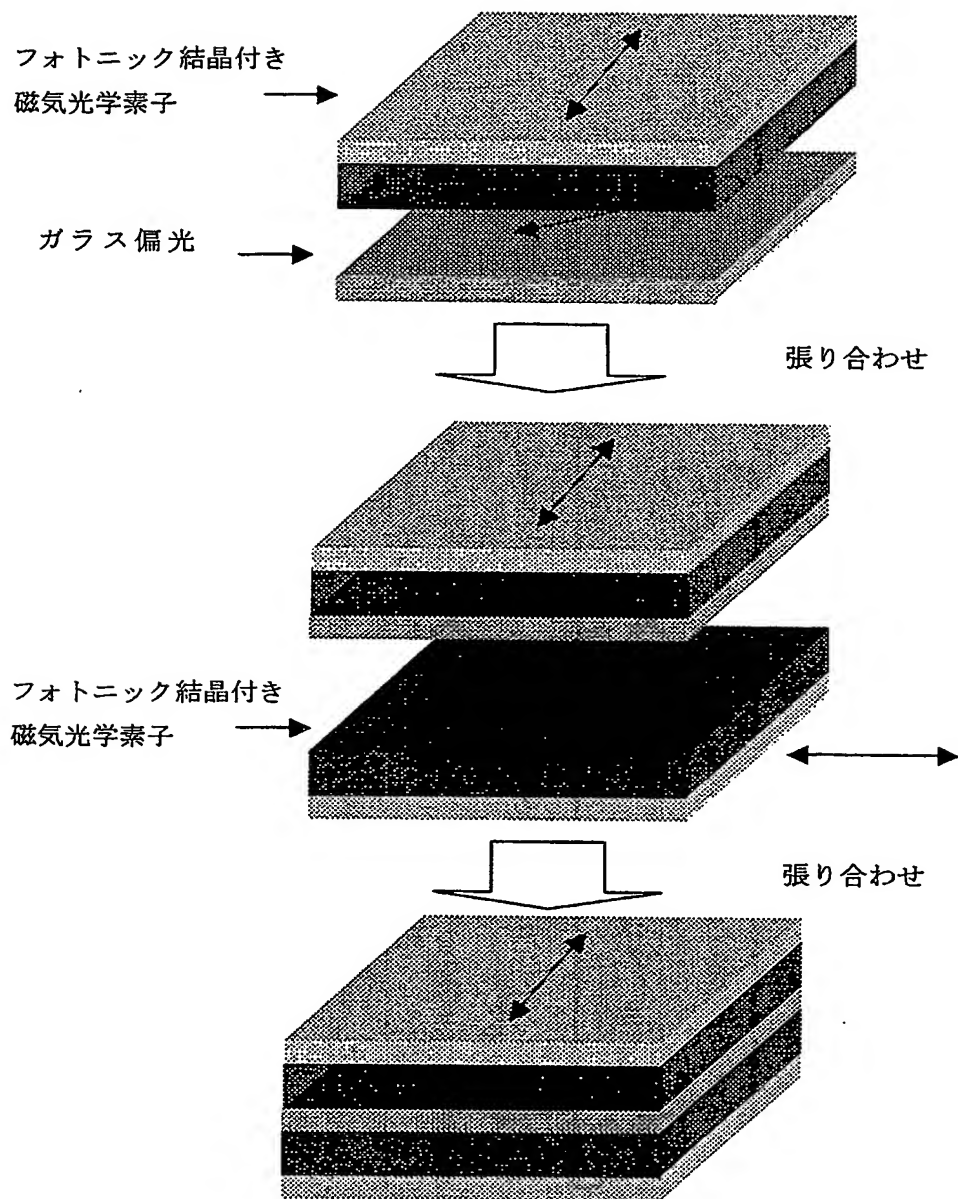
マスク除去



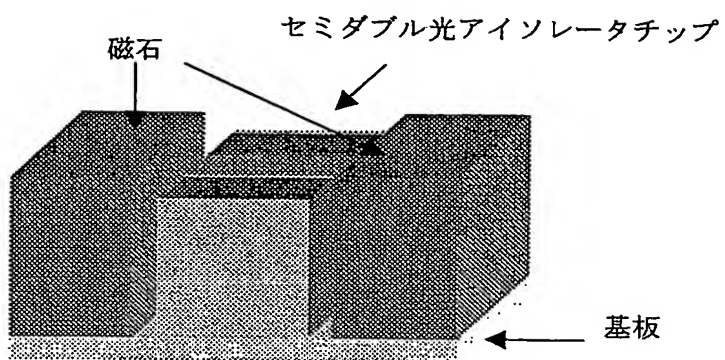
表面コーティング (AR コート)



【図 2】

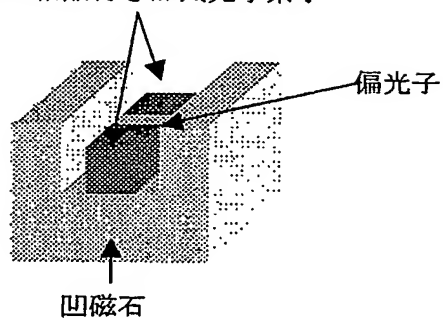


【図 3】

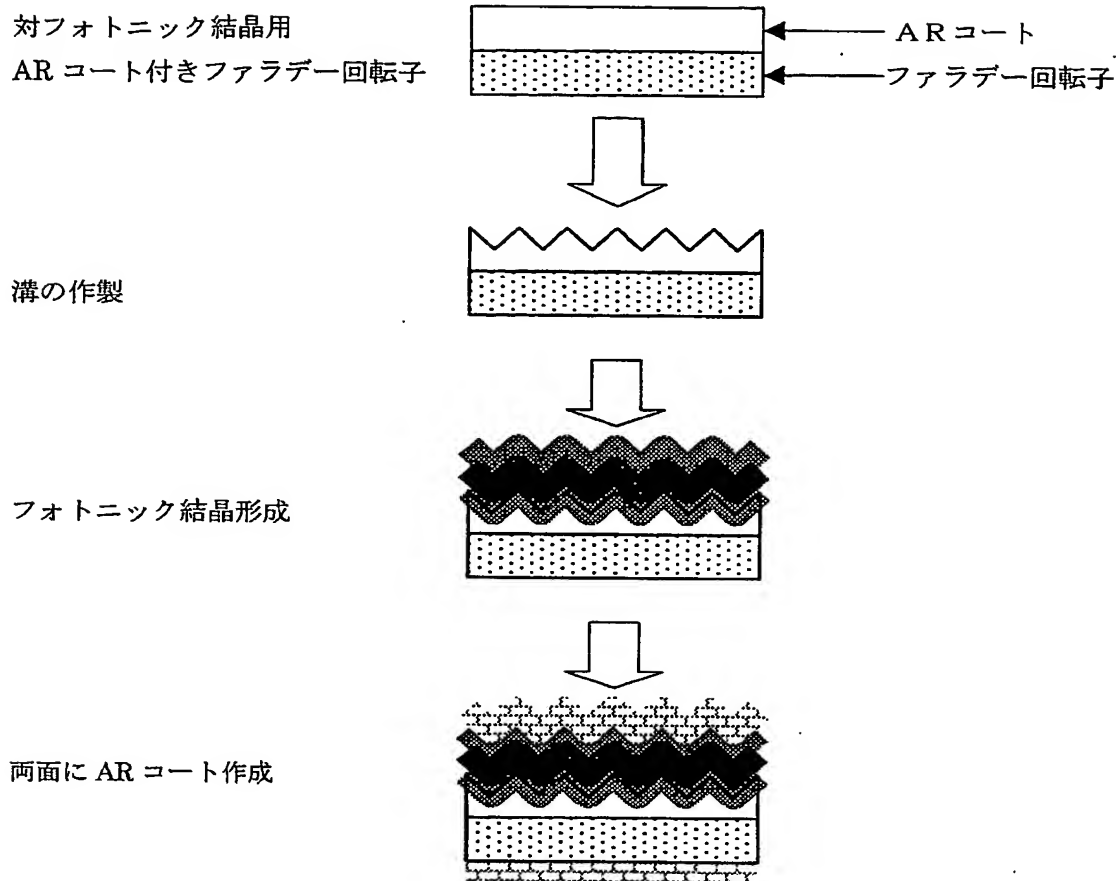


【図 4】

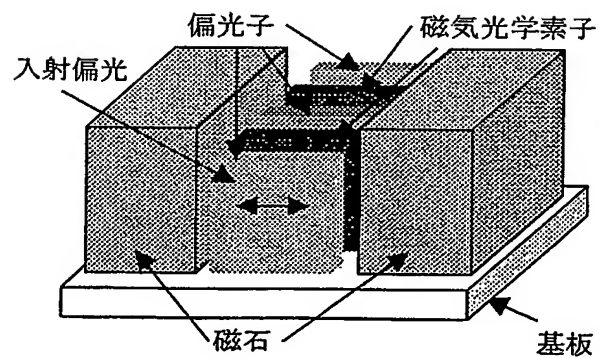
フォトニック結晶付き磁気光学素子



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、フォトニック結晶を用いて、ばらつきが無く大量生産に適したセミダブルタイプの広帯域用光アイソレータの提供を課題とする。

【解決手段】 基板と、一枚のガラス偏光子の表裏面に、それぞれフォトニック結晶付き磁気光学素子を磁気光学素子面がガラス偏光子表面に張り付けられたセミダブル型光アイソレータ用チップと、磁石とからなり、基板上にセミダブル型光アイソレータ用チップを接合し、該セミダブル型光アイソレータ用チップの磁気光学素子に飽和磁界を与えうる磁石を、飽和磁界を与えうる基板上の位置に接合する。

【選択図】 図3

特願 2003-108543

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000183303]

1. 変更年月日

1990年 8月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区新橋5丁目11番3号

氏 名

住友金属鉱山株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.